

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 15 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26400460

研究課題名(和文) 山岳氷河アイスコア解析による北太平洋地域における小氷期以降の気候・環境変動復元

研究課題名(英文) Reconstruction of paleo climate and environmental changes since the Little Ice Age in the North Pacific region analyzed with alpine ice cores

研究代表者

的場 澄人 (MATOBA, Sumito)

北海道大学・低温科学研究所・助教

研究者番号：30391163

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：アラスカ・ランゲル山、オーロラピークの山岳氷河から掘削されたアイスコアに加え、2014、2015年にグリーンランド氷床北西部と東部で新たにアイスコアを掘削し、小氷期後期から温暖化が顕著になる現在にかけての気候・環境変動を復元した。小氷期中期(1700年代)と後期(1850年代)においてグリーンランド、アラスカとも明瞭な気候のシフトが生じ、気温、降水量がシーズンの関係にあることが見出された。この傾向はジェットの流れのシフトが主要因だと考察された。また、1990年代以降は、温暖化の影響と思われる気候シフトが現れ、それ以前とは異なる気温と降水量の変動の傾向が現れた。

研究成果の概要(英文)：We have analyzed several ice cores obtained from alpine glaciers as Mt. Wrangell and Aurora Peak in Alaska, and shallow ice cores from northwestern and eastern Greenland Ice Sheet, which were newly drilled in 2014 and 2015, and reconstruct climate and environmental changes from the Little Ice Age (LIA) to present. From the late LIA to present, we found obvious climate shifts of air temperature and precipitation amount in 1700s and 1850s in both of Alaska and Greenland. The changes both of air temperature and precipitation showed seesaw relationship between Alaska and Greenland. We assume that the changes of air temperature and precipitation are associated with the shift of the route of the Jet Stream. In 1990s, we found another climate shift. The variation tendencies of air temperature and precipitation are different from those before the climate shift.

研究分野：地球科学

キーワード：アイスコア 古環境 山岳氷河 水同位体 小氷期 黄砂 アラスカ グリーンランド

1. 研究開始当初の背景

アイスコアは過去の気温、降水量、降水の季節パターン、大気エアロゾル組成を高時間分解能で精度よく復元できる環境プロキシである。氷期-間氷期サイクルのような10万年スケールの古気候を復元する南極やグリーンランドで採取される氷床アイスコアとは異なり、高・中緯度の山岳氷河は多涵養地域にあるため、山岳氷河から採取されたアイスコアは数百年程度を季節変動の時間分解能で復元することができる。また、氷床アイスコアが全球または半球の平均的な環境変動のプロキシであるのに対して、水蒸気起源海域や陸域から近くにある山岳アイスコアは局所的な環境変動情報を記録している

山岳アイスコアは、ヨーロッパ、スバルバル、北極カナダなどの北大西洋地域とチベット地域で1990年代頃から多く採取され研究が行われてきた。北部北太平洋域では、それらの地域に遅れて2000年代になり、アメリカや(ロニー・トンプソン教授; ボナ・チャーチル山、キャメロン・ウェイク博士; ローガン山氷原)カナダ(デイビッド・フィッシャー博士; ローガン山山頂台地)の研究グループがアイスコアを採取した。

我々はアラスカにおいて、2003-2004年にランゲル山山頂氷河、2008年にオーロラピーク近傍氷河からアイスコアを採取した。それらのアイスコア解析の結果、ランゲル山アイスコアの0-125mの解析から1970年代以降の降水量が復元でき、降水量がPDO指数のシフトに同期して変動していること、この変動が地上で観測されている降水量と反対の挙動を示していること、オーロラピークアイスコアの水素同位体比の季節変動から求められた降水量は、1970年代以降に急激に増加し、その原因は冬季のアラスカ湾の低気圧活動の活発化だと推測されることが分かった。

それらの結果から見出された課題は、小氷期以降から現在にかけての気候変動を復元することと他地域での同期間の気候変動と比較することから、これらの気候変動および気候シフトのメカニズムを明らかにすることである。

2. 研究の目的

亜北極域の中で北部北太平洋地域は小氷期から現在にかけての気象データ及び古環境プロキシデータが最も欠乏している地域の1つである。この気象・気候データの空白時空間である北部北太平洋地域のカムチャツカ、アラスカの山岳氷河やグリーンランド氷床から採取されたアイスコアを高時間分解能で解析し、小氷期以降の気温、降水量、大気エアロゾル組成の変化と、同地域の温暖化による気候変化とそのメカニズムについて明らかにすることが本申請研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究では、以前にアラスカのランゲル山及びオーロラピーク近傍氷河にて採取されたアイスコアに加え、2014年、2015年にグリーンランド氷床北西沿岸部(SIGMA-Dサイト)と氷床南東ドームにて採取されたアイスコアを研究対象とした。アラスカのアイスコアは未分析であった深部を、グリーンランドで採取されたアイスコアのうち、SIGMA-Dアイスコアは全層225m中115mを、南東ドームアイスコアは全層90mを化学分析した。

アイスコア試料は、深さ方向に必要とされる分解能で切断後、試料の周りに付着したコンタミネーションを削り落としした後に融解し、液体試料を調整した。試料中の水同位体比は質量分析計または分光法による同位体分析装置にて分析した。溶存化学種と微量金属はそれぞれイオンクロマトグラフィーとフレームレス原子吸光光度計で分析した。

4. 研究成果

オーロラピークアイスコアの解析を全層で行った。その結果、全層180m長で1666年までの記録を保持していることが推定された。復元された年間涵養量は1900年以降急激に増加していること、増加トレンドを削除した変化は、太平洋十年規模周期振動(PDO)指数と同期して変化していることが分かった。また、水素同位体比の値は、アラスカの気温とアリュースシャン低気圧の勢力の指標になることが推定され、PDO指数と同期して変化していることが分かった(図1)(研究成果論文)。

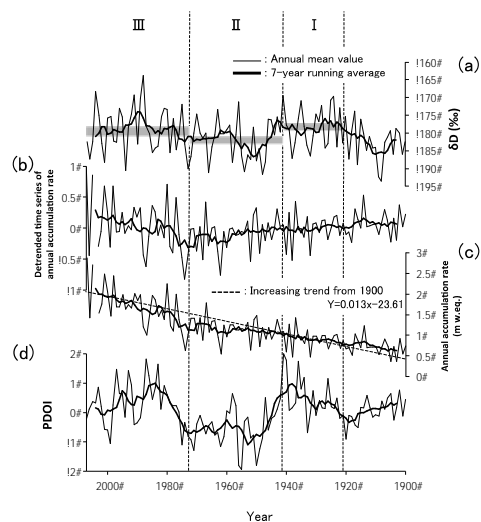


図1 (a) オーロラピークアイスコア中の水素同位体比、(b) 長期変動トレンドを除いたアイスコアから復元された年間涵養量、(c) アイスコアから復元された年間涵養量、(d) PDO 指数、の経年変化

さらに、現在のアラスカの積雪中の過剰水素の値が、水蒸気の供給ルートによって変化

することを明らかにし、アイスコア中の過剰水素の値の変化は、アラスカに供給される水蒸気の全量に対する西からの供給量の比の変化を示すことを明らかにした。ここまでの結果を用い、アラスカ地域の小氷期中期から現在にかけての気温、降水量、水蒸気起源の変化を復元した。

2014年にグリーンランド北西部で採取されたアイスコアの化学解析を行った。水同位体比と海塩成分は明瞭な季節変動を示し、その季節変動を利用して400年間の年間降水量の変動を求めた。その結果、降水量は小氷期の終焉前後をはさみ、400年間、大きく変化していないことが分かった。つまり、近年のグリーンランド氷床の質量減少の原因として降水量の変化は無視できるという結論を得た(研究成果論文)。

これら二つのアイスコアの結果から、小氷期中期(1700年代)と後期(1850年代)においてグリーンランド、アラスカとも明瞭な気候のシフトが生じ、気温、降水量がシーズンの関係にあることが見出された。この傾向はジェットのスラストのシフトが主要因だと考察された。また、1990年代以降は、温暖化の影響と思われる気候シフトが現れ、それ以前とは異なる気温と降水量の変動の傾向が見られた。

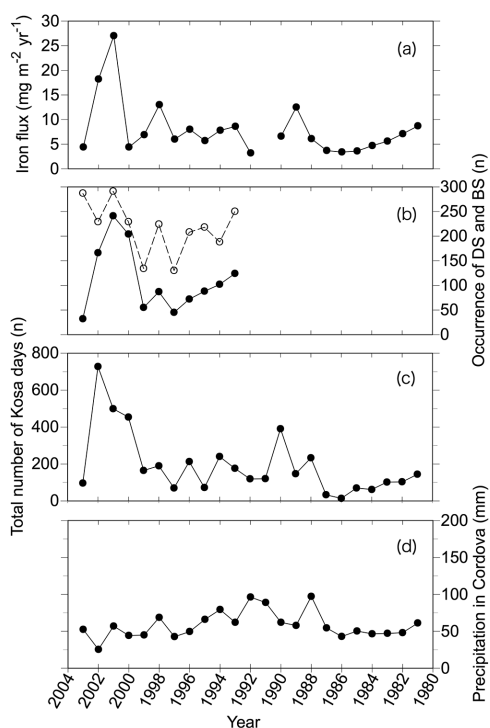


図2 (a)ランゲルアイスコアから復元した大気由来鉄の年間沈着量、(b)アジア大陸で観測された Sand storm()と Blowing Sand()の発生頻度、(c)日本の気象庁で観測された黄砂日の延べ日数、(d)アラスカ・コルドバの降水量、の経年変動

ランゲル山アイスコア中の鉄の濃度を測

定した。アイスコア中の鉄はコンタミネーションの影響が大きく、これまで殆ど分析例がない。この結果から2003~1981年の鉄の年間沈着量の経年変化を求めた。求められた鉄の年間沈着量はアジア大陸で発生する大規模砂嵐の頻度、日本で観測される黄砂日数と高い相関を示したことから、アイスコアに含まれる鉄の起源はアジア大陸であると推測された(図2)。この鉄が海洋表面に沈着した場合海水中に溶出される鉄の濃度は、東部北太平洋の冬期の鉄の溶存鉄濃度の8~68%に相当すると見積もられ、東部北太平洋地域の基礎生産に黄砂が影響しうることが示唆された(研究成果論文)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文)(計12件)

的場澄人、山口悟、對馬あかね、青木輝夫、杉山慎(2017): グリーンランド氷床北西部沿岸部における表面質量収支の変動、低温科学、75、45-52. 査読無、<http://hdl.handle.net/2115/65081>

Iizuka Y., A. Miyamoto, A. Hori, S. Matoba, R. Furukawa, T. Saito, S. Fujita, M. Hirabayashi, S. Yamaguchi, K. Fujita and N. Takeuchi (2017): A firn densification process in the high accumulation dome of southeastern Greenland, Arctic Antarctic and Alpine Res., 46, 13-27, doi: 10.1657/AAAR0016-034. 査読有

Sasaki, H., S. Matoba, T. Shiraiwa and C. S. Benson (2016): Temporal variation in iron flux deposition onto the northern North Pacific reconstructed from an ice core drilled at Mount Wrangell, Alaska, SOLA, 12, 287-290, doi:10.215/sola.2016-056. 査読有。

<http://hdl.handle.net/2115/65225>

古川峻仁、飯塚芳徳、的場澄人、植村立(2016): グリーンランド南東ドームコアの酸素安定同位体比を用いた気温・涵養量変動の研究、北海道の雪氷、35、123-12. 6 査読無。
http://www.seppyo.org/hokkaido/journal/j35/2016_snowhokkaido35_31_Furukawa.pdf

Oyabu, I., S. Matoba, T. Yamasaki, M. Kadota and Y. Iizuka (2016): Seasonal variations in the major chemical species of snow at the South East Dome in Greenland, Polar Science, 10, 36-42, doi:10.1016/j.polar.2016.01.003. 査読有

Iizuka, Y., S. Matoba, T. Yamasaki, I. Oyabu, M. Kadota and T. Aoki (2016):

Glaciological and meteorological observations at the SE-Dome site, southeastern Greenland Ice Sheet, *Bullet. Glaciol. Res.*, 34, 1-10, doi:10.5331/bgr.15R03. 査読有
Matoba, S., H. Motoyama, K. Fujita, T. Yamasaki, M. Minowa, Y. Onuma, Y. Komuro, T. Aoki, S. Yamaguchi, S. Sugiyama and H. Enomoto (2015): Glaciological and meteorological observations at the SIGMA-D site, northwestern Greenland Ice Sheet, *Bullet. Glaciol. Res.*, 33, 7-14, doi: 10.5331/bgr.33.7. 査読有.
<http://hdl.handle.net/2115/61280>
Pokhrel, A., K. Kawamura, K. Ono, O. Seki, P. Fu, S. Matoba, and T. Shiraiwa (2016): Ice core records of monoterpene- and isoprene-SOA tracers from Aurora Peak in Alaska since 1660s: Implication for climate change variability in the North Pacific Rim, *Atmos. Environ.*, 130, 105-112, doi:10.1016/j.atmosenv.2015.09.063, 査読有
Tshusima, A., S. Matoba, T. Shiraiwa, S. Okamoto, H. Sasaki, D. J. Solie, and K. Yoshikawa (2015): Reconstruction of recent climate change in Alaska from the Aurora Peak ice core, central Alaska, *Clim. Past*, 11, 217-226, doi:10.5194/cp-11-217-2015. 査読有
Pokhrel, A., K. Kawamura, O. Seki, S. Matoba, and T. Shiraiwa (2014): Ice core profiles of saturated fatty acids (C12:0-C30:0) and oleic acid (C18:1) from southern Alaskan since 1734 AD: A link to climate change in the Northern Hemisphere, *Atmos. Environ.*, 100, 202-209, doi:10.1016/j.atmosenv.2014.11.007. 査読有.
<http://hdl.handle.net/2115/57981>
Matoba, S., K. Shimbori, and T. Shiraiwa (2014): Alpine ice core drilling in the North Pacific region, *Ann. Glaciol.*, 55(68), 83-87, doi:10.3189/2014AoG68A020. 査読有.
<http://hdl.handle.net/2115/59478>
Matoba, S., T. Yamasaki, M. Miyahara, and H. Motoyama (2014): Spatial variations of $\delta^{18}O$ and ion species in the snowpack of the northwestern Greenland ice sheet, *Bullet. Glaciol. Res.*, 32, 79-84, doi: 10.5331/bgr.32.79. 査読有.
<http://hdl.handle.net/2115/56969>

[学会発表](計8件)

的場澄人、他6名、グリーンランド氷床

における近年の浅層掘削、極域科学シンポジウム、2016年12月2日、国立極地研究所(立川市)

永塚尚子、東久美子、本山秀明、的場澄人、他8名、グリーンランド氷床北西部SIGMA-D アイスコア中の鉱物組成変動、極域科学シンポジウム、2016年12月2日、国立極地研究所(立川市)

門田萌、的場澄人、本山秀明、藤田耕史、山崎哲秀、大沼友貴彦、箕輪昌紘、小室悠紀、青木輝夫、グリーンランド北西氷床(SIGMA-D)アイスコアを用いた過去157年間の気候復元、極域科学シンポジウム、2015年11月16日、国立極地研究所(立川市)

飯塚芳徳、的場澄人、他16名、グリーンランド南東ドームにおける浅層掘削計画-解析報告と初期コア解析、雪氷研究大会、2015年9月14日、信州大学(松本市)

對馬あかね、的場澄人、白岩孝行、山岳アイスコアを用いた北部北太平洋地域の古環境復元、2015年9月14日、信州大学(松本市)

的場澄人、他9名、グリーンランド北西氷床(SIGMA-D)アイスコアの解析速報、極域科学シンポジウム 2014年12月2日、国立極地研究所(立川市)

本山秀明、的場澄人、他7名、グリーンランド北西氷床のアイスコア掘削について - SIGMA-D 経過報告 -、雪氷研究大会、2014年9月21日、八戸工大(八戸市)

對馬あかね、的場澄人、白岩孝行、アイスコアを用いたアラスカの近年の気候変動復元、雪氷研究大会、2014年9月21日、八戸工大(八戸市)

[図書](計6件)

的場澄人(2016): グリーンランドの都市、カナック-グリーンランド人の心のふるさと、小澤実、中丸禎子、高橋美野梨編、「アイスランド・グリーンランド・北極を知るための65章」、pp62-65、全441ページ、明石書店

的場澄人(2016): 世界遺産・イルリサット・アイスフィヨルド、小澤実、中丸禎子、高橋美野梨編、「アイスランド・グリーンランド・北極を知るための65章」、pp66-68、全441ページ、明石書店

的場澄人(2016): 地球温暖化とグリーンランド氷床 - 日本におけるグリーンランド氷床観測、小澤実、中丸禎子、高橋美野梨編、「アイスランド・グリーンランド・北極を知るための65章」、pp419-422、全441ページ、明石書店

的場澄人(2016): 8章 8.5 環オホーツク地域の山岳氷河、低温科学研究所編、「低温科学便覧」、pp.176-180、全383ページ、丸善出版

的場澄人(2016): 地球温暖化に影響を受けるグリーンランド氷床を観測する、「北海道北方民族博物館友の会・機関誌 Arctic Circle」, 100, pp4-9, 全 19 ページ、一般社団法人北方文化振興協会の場澄人(2014): 5 .のこのこと犬ソリにのって 北極探検家と行くフィールドワーク、椎野若菜・白石壮一郎編「フィールドに入る」(百万人のフィールドワーカーシリーズ 1) , pp59-71. 全 242 ページ、古今書院

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

なし

取得状況(計 0 件)

なし

〔その他〕

アウトリーチ活動(講演)

的場澄人、2017 年 3 月 11 日、「Meteorological and Glaciological Observation at Greenland Ice Sheet」, 北海道科学英語発表・交流会、主催: 北海道札幌啓成高等学校、札幌市青少年科学館、北海道教育委員会、場所: 札幌市青少年科学館、対象: 道内高等学校の生徒及び教職員、規模 200 名程度

的場澄人、2016 年 11 月 7 日、「温暖化とグリーンランド氷床の変化」, イベント名「グリーンランドをめぐる音楽・冒険・サイエンス -北極域の持続可能な未来にむけて-」、主催: 低温科学研究所、北極地域研究センター、THE MUSIC PLANT、ArCS 北極域研究推進プロジェクト、場所: 北海道大学博物館、対象: 一般市民、大学生、規模 100 名程度

6. 研究組織

(1) 研究代表者

的場 澄人 (MATOBA, Sumito)

北海道大学・低温科学研究所・助教

研究者番号: 30391163

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

飯塚 芳徳 (IIZUKA, Yoshinori)

對馬 あかね (TSUSHIMA, Akane)

佐々木 央岳 (SASAKI, Hiroataka)

大藪 幾美 (OYABU, Ikumi)

門田 萌 (KADOYA, Moe)